

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000337940  
PUBLICATION DATE : 08-12-00

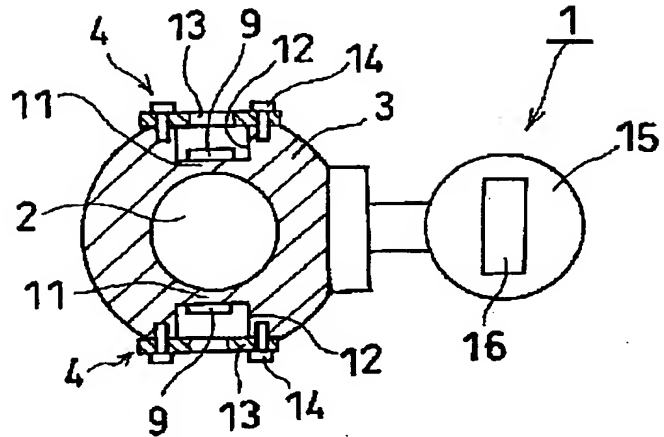
APPLICATION DATE : 31-05-99  
APPLICATION NUMBER : 11151492

APPLICANT : TOKICO LTD;

INVENTOR : TASHIRO KOICHI;

INT.CL. : G01F 1/66

TITLE : FLOWMETER



**ABSTRACT :** PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a flowmeter which is able to stably measure a flow rate and properly reducible to a small diameter.

**SOLUTION:** The flowmeter main body 3 is constituted by forming a couple of bottomed hole parts 12, which are open to radially outside the flowmeter main body 3, opposite each other while having their bottom parts 11 on the sides of a flow passage 2 and mounting the piezoelectric elements 9 of a couple of ultrasonic sensors 4 on the bottom parts 11. The flow passage 2 has no unevenness on its internal wall surface, so a flow of fluid is not disordered and excellent variance characteristics of instrumental errors and excellent lower- limit flow rate characteristics can be secured, so that the flow rate can stably be measured. Further, a sensor holder which was used for conventional technology is not used, so the flowmeter main body 3 can be reduced to a small diameter while maintaining the excellent characteristics.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-337940  
(P2000-337940A)

(43)公開日 平成12年12月8日(2000.12.8)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 1 F 1/66	1 0 1	G 0 1 F 1/66	1 0 1 2 F 0 3 5
			B

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平11-151492

(22)出願日 平成11年5月31日(1999.5.31)

(71)出願人 000003056

トキコ株式会社

川崎市川崎区東田町8番地

(72)発明者 吉倉 博史

神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3

号 トキコ株式会社内

(72)発明者 田代 耕一

神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3

号 トキコ株式会社内

(74)代理人 100068618

弁理士 萼 経夫 (外3名)

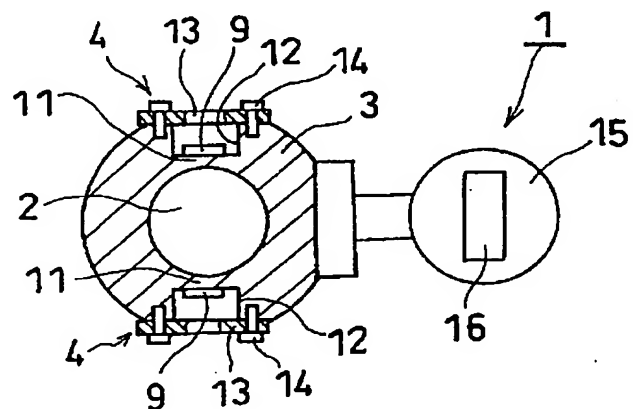
Fターム(参考) 2F035 DA04 DA07 DA14

(54)【発明の名称】 流量計

(57)【要約】

【課題】 安定した流量計測を行え、かつ適切に小口径化できる流量計を提供する。

【解決手段】 流量計本体3に、流路2側を底部11とし、流量計本体3の径方向外方に開口する一対の有底の穴部12を相対向して形成し、一対の底部11に一対の超音波センサ4の圧電素子9を載置する。流路2の内壁面に凹凸が形成されていないため、流体の流れが乱れるようなことがなく、良好な器差特性及び下限流量特性を確保でき、流量計測を安定して行える。さらに、従来技術で用いたセンサホルダ5を使用していないので、良好な特性を維持して流量計本体3の小口径化を図ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 超音波素子を有する一対の超音波センサを管に備えた流量計であって、前記管には該管の内周側を底部とし、該管の径方向外方に開口する一対の有底の穴部を形成し、前記一対の穴部の底部に前記一対の超音波センサの超音波素子をそれぞれ載置することを特徴とする流量計。

【請求項2】 前記管を複数の部位に分割し、前記一対の穴部のうち一方の穴部が前記複数の部位のうち一つの部位に形成され、前記一対の穴部のうち他方の穴部が前記複数の部位のうち他の部位に形成されたことを特徴とする請求項1記載の流量計。

【請求項3】 前記管の内周側から前記管の径方向外方に延びて形成される溝により前記管を複数の領域に区画し、前記一対の穴部のうち一方の穴部が前記複数の領域のうち一つの領域に形成され、前記一対の穴部のうち他方の穴部が前記複数の領域のうち他の領域に形成されたことを特徴とする請求項1記載の流量計。

【請求項4】 超音波素子と、該超音波素子を収納するセンサホルダとからなる一対の超音波センサを管に備えた流量計であって、前記センサホルダは、その底板部が前記管の流路に臨んで配置されるよう前記管に形成された一対の孔に挿入され、前記孔に挿入された前記センサホルダの底板部における前記流路の周方向に沿う方向の長さを前記超音波素子の底面部の長さより短く設定したことを特徴とする流量計。

【請求項5】 前記センサホルダにおける前記孔挿入部分は、前記底板部に向けて径寸法が漸減することを特徴とする請求項4記載の流量計。

【請求項6】 前記センサホルダにおける前記孔挿入部分は、前記底板部に向けて径寸法が段階的に小さくなることを特徴とする請求項4記載の流量計。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液体等の流体の流量を測定する流量計に係り、特に超音波センサを用いる流量計に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の流量計として図20及び図21に示すものがある。この流量計1は、内周側に流路2を形成する管状の金属製の流量計本体3を有している。流量計本体3には、相対向して孔（符号省略）が形成されている。この孔に超音波センサ4のセンサホルダ（圧電素子収納体）5の有底筒状のホルダ本体部6を挿入させて、この超音波センサ4がボルトなどの保持部材7により取り付けられている。この場合、ホルダ本体部6の底板部（振動板部）8が接液するように構成されている。ホルダ本体部6には圧電素子9が収納されている。

【0003】また、他のタイプの流量計1として図22及び図23に示すものがある。この流量計1は、超音波

伝搬経路に、流量計本体3とは別部材の伝搬部材10を固定し、その上に超音波センサ4を設置し、伝搬部材10を介して流体中を伝搬して受信される超音波に対し、伝搬部材10と流量計本体3との接合部から流量計本体3を伝搬して回り込む超音波（回り込みノイズ）が重畳することを抑制するようにしている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、圧電素子（超音波素子）は、良好な振動特性（単一な厚みで振動）を得る上でアスペクト比（直径/厚さ）を十分大きくする（一般にアスペクト比3倍以上）必要があることから、その直径を小さくできず、上述した流量計1では、ホルダ本体部6の底板部8が大きくなるため、流路2に凹凸が形成される。特に、小流量用では流速をかせぐために流路を細くするため、凹凸が大きくなる。そして、このように凹凸が形成されることにより、流体の流れを乱してしまう。このため、流量計1の特性（器差特性（器差のばらつき特性）、下限流量特性（流速が小さいところでも安定した流れとなって渦が安定して生成されることを示す特性）、すなわち小流速でも安定して計測できることを示す特性）を悪化させるという問題点があった。他の従来技術として、図24に示すように、流量計本体3における渦発生体（ブラフボディ）30の下流側の渦発生領域を間にするようにして2組の超音波センサ4を周方向に沿わせて配置し、同じ流体中を伝搬した超音波同士を比較することで音速変化の影響を構造的にキャンセルするように（クロスセンシングするように）構成した流量計1がある。この流量計1は、超音波センサ数が多いため、上述した従来技術に比して、流路2に生ずる凹凸がより大きくなり、上記問題（流体の流れが乱れること、器差特性及び下限流量特性が悪化すること）がより顕著なものになる。

【0005】また、近時、小流量測定が求められており、これに併せて流量計の口径も小さくされるようになってきているが、口径に合わせて超音波センサ4の大きさを小型化することには限界があるため、上述した図20～図24の従来技術では口径を小さくすると、その分、流路2側に突出する部分が相対的に大きくなり、流れの乱れをより生じさせることになり、口径を小さくするには限界があった。

【0006】本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、被測定流体の流れが乱れることを抑制して安定した流量計測を行え、かつ適切に小口径化できる流量計を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、超音波素子を有する一対の超音波センサを管に備えた流量計であって、前記管には該管の内周側を底部とし、該管の径方向外方に開口する一対の有底の穴部を形成し、前記一対の穴部の底部に前記一対の超音波センサの超音

波素子をそれぞれ載置することを特徴とする。請求項2記載の発明は、請求項1記載の構成において、前記管を複数の部位に分割し、前記一对の穴部のうち一方の穴部が前記複数の部位のうち一つの部位に形成され、前記一对の穴部のうち他方の穴部が前記複数の部位のうち他の部位に形成されたことを特徴とする。請求項3記載の発明は、請求項1記載の構成において、前記管の内周側から前記管の径方向外方に延びて形成される溝により前記管を複数の領域に区画し、前記一对の穴部のうち一方の穴部が前記複数の領域のうち一つの領域に形成され、前記一对の穴部のうち他方の穴部が前記複数の領域のうち他の領域に形成されたことを特徴とする。

【0008】請求項4記載の発明は、超音波素子と、該超音波素子を収納するセンサホルダとからなる一对の超音波センサを管に備えた流量計であって、前記センサホルダは、その底板部が前記管の流路に臨んで配置されるよう前記管に形成された一对の孔に挿入され、前記孔に挿入された前記センサホルダの底板部における前記流路の周方向に沿う方向の長さを前記超音波素子の底面部の長さに比して短く設定したことを特徴とする。請求項5記載の発明は、請求項4記載の構成において、前記センサホルダにおける前記孔挿入部分は、前記底板部に向けて径寸法が漸減することを特徴とする。請求項6記載の発明は、請求項4記載の構成において、前記センサホルダにおける前記孔挿入部分は、前記底板部に向けて径寸法が段階的に小さくなることを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1実施の形態の流量計1を図1に基づいて説明する。流量計1は、内周側に流路2を形成する管状の金属製の流量計本体(管)3を有している。流量計本体3には、相対向して流路2側(流量計本体3の内周側)を底部11とし、流量計本体3の径方向外方に開口する一对の有底の穴部12が形成されている。一对の底部11には一对の超音波センサ4の圧電素子(超音波素子)9がそれぞれ載置される。穴部12の開口部には穴部12を閉塞する蓋13が載置されている。この蓋13は流量計本体3にボルト14により取り付けられている。流路2には被測定流体が流されるようになっている。

【0010】流量計本体3にはアンプケース15が取り付けられている。アンプケース15には、リード線(図示省略)を介して圧電素子9に接続されたアンプ回路16が収納されている。アンプ回路16は、圧電素子9を駆動して受信した超音波信号から流れの状態を検出して流量を求め、流量信号の出力及び表示を行う。前記底部11の厚さは、流体と流量計本体3の材質の音響インピーダンスとの関係で、流体が液体の場合には、平均肉厚が $(1/2)\lambda$ の整数倍( $\lambda$ :流量計本体3を伝搬する超音波の波長)になるように設定され、超音波の伝搬効率が良く定在波が発生しづらいようになっている。

【0011】この流量計1は、アンプ回路16に設けた図示しない発振回路が図1上側の圧電素子9を駆動し、流量計本体3の図1上側の底部11を介して流体中に超音波を伝搬させる。流体中を伝搬した超音波は図1下側の底部11を介して図1下側の圧電素子9で受信され、アンプ回路16の入力部で電気信号に変換され流量信号として演算され、その出力、表示が行われる。

【0012】そして、この流量計1では、流路2の内壁面に従来技術で用いていたセンサホルダによる凹凸が形成されておらず、なだらかな面になっている。すなわち、上述した従来技術(図20～図24)では流路2に凹凸が形成されていたが、本実施の形態では、流路2に従来技術で用いていたセンサホルダによる凹凸が形成されていない。このため、本実施の形態では、流体の流れが乱れるようなことがなく、良好な器差特性及び下限流量特性を確保でき、流量計測を安定して行える。さらに、上述した従来技術で用いたセンサホルダ5を使用していないので、良好な特性を維持して流量計本体3の小口径化を図ることができる。

【0013】次に、本発明の第2実施の形態の流量計1を図2及び図3に基づいて説明する。図2及び図3において、前記一对の穴部12のそれぞれを分離するように流量計本体3は上側、下側の流量計本体3a、3b(複数の部位)に分割されている。上側、下側の流量計本体3a、3bは、筒状をなすように重ね合わせられ、溶接Yにより一体化されている。図2中、17はリード線18(図16)を通すリード線通し孔である。

【0014】この第2実施の形態も、前記第1実施の形態(図1)と同様に、流路2に従来技術で用いていたセンサホルダによる凹凸が形成されないため、流体の流れが乱れるようなことがなく、良好な器差特性及び下限流量特性を確保でき、流量計測を安定して行える。さらに、第1実施の形態(図1)と同様に、良好な特性を維持して流量計本体3の小口径化を図ることができる。

【0015】また、上側の圧電素子9が発生した超音波は、上側の流量計本体3aに伝搬された後に流体に伝搬すると同時に、上側の流量計本体3aから下側の流量計本体3bに直接伝搬する(いわゆる回り込む)超音波も存在する。しかし、流量計本体3は上側の流量計本体3aと下側の流量計本体3bに分離して接合されていることにより、前記回り込み超音波は前記分離部分(接合部分)で減衰され、送信側(図2上側)の圧電素子9から受信側(図2下側)の圧電素子9に回り込み超音波が直接受信される比率は、流体中を伝搬した超音波に比べて十分小さくなる(すなわち、S/Nを向上できる)。さらに、上述した従来技術では、流量計1を配管に設置したときの圧縮により、センサ孔(センサホルダ5のホルダ本体部6が挿入される孔)が変形してセンサ特性が変化することが起こり得るが、本実施の形態では、上述した従来技術で問題となる圧縮力に対して、センサ穴の変

形がなくなり、その分、安定したセンサ特性を得ることができる。

【0016】次に、本発明の第3実施の形態の流量計1を図4に基づき、図2及び図3を参照して説明する。この流量計1は、流量計本体3の周方向に4つの穴部12を備え、それぞれの底部11に超音波センサ4の圧電素子9を音響接合剤（図示省略）で接着している。さらに、流量計本体3は、4つの穴部12のそれぞれを分離するように第1、第2、第3、第4の4つの流量計本体3c、3d、3e、3f（複数の部位）に分割されている。第1、第2、第3、第4の流量計本体3c、3d、3e、3fは、筒状をなすように重ね合わせられ、溶接Yにより一体化されている。

【0017】この流量計1では、第1の流量計本体3cの底部11に載置した圧電素子9及び第2の流量計本体3dの底部11に載置した圧電素子9が超音波送信のために用いられ、第1の流量計本体3c及び第2の流量計本体3dに対向する第3の流量計本体3e及び第4の流量計本体3fにそれぞれ設けられる圧電素子9が超音波受信のために用いられるようになっており、多測線センシング（複数の超音波伝搬経路によってセンシングすること）を行うようにしている。

【0018】この第3実施の形態も、前記第1実施の形態（図1）及び第2実施の形態（図2及び図3）と同様に、流路2に従来技術で用いていたセンサホルダ5による凹凸が形成されないため、流体の流れが乱れるようなことがなく、良好な器差特性及び下限流量特性を確保でき、流量計測を安定して行える。さらに、流量計本体3が第1、第2、第3、第4の流量計本体3c、3d、3e、3fに分割して接合されていることにより、前記回り込み超音波が分割部分（接合部分）で減衰されるため、S/Nを向上できる。また、上述した従来技術で用いたセンサホルダ5を使用していないので、良好な特性を維持したまま流量計本体3の小口径化を図ることができる。

【0019】前記第1実施の形態（図1）の流量計1において、図5に示すように、流量計本体3を上側の底部11及び下側の底部11を分離するように4つの流量計本体3（第1、第2、第3、第4の流量計本体3c、3d、3e、3f）に分離し、これらを筒状をなすように接合して流量計1を構成（以下、便宜上、本発明の第4実施の形態という。）してもよい。

【0020】この第4実施の形態によれば、流路2に従来技術で用いていたセンサホルダ5による凹凸が形成されないため、流体の流れが乱れるようなことがなく、良好な器差特性及び下限流量特性を確保でき、流量計測を安定して行える。さらに、前記第3実施の形態と同様に、流量計本体3が上側、下側の流量計本体3a、3bに分割して接合されていることにより、前記回り込み超音波が分割部分（接合部分）で減衰されるため、S/Nを向

上できる。また、上述した従来技術で用いたセンサホルダ5を使用していないので、良好な特性を維持して流量計本体3の小口径化を図ることができる。

【0021】前記第2実施の形態（図2及び図3）の流量計1において、図6及び図7に示すように、流路2内に開口し、かつ上側、下側の流量計本体3a、3bの各底部11を囲むように環状切欠溝20を形成して流量計1を構成（以下、便宜上、本発明の第5実施の形態という。）してもよい。

【0022】この第5実施の形態によれば、圧電素子9を載置する前記各底部11を囲むように環状切欠溝20を形成しており、これにより回り込み超音波を減衰する。このため、上側、下側の流量計本体3a、3bの接合部による回り込み超音波の減衰とあいまって、回り込み超音波が直接受信される比率は、流体中を伝搬した超音波に比べて十分小さくなるので、S/Nの向上を図ることができる。この場合、第2実施の形態に比して、環状切欠溝20を設けた分、回り込み超音波の伝搬の抑制が図れて、流量計測をより安定して果たすことができる。

【0023】前記第1実施の形態（図1）の流量計1において、図8に示すように、流量計本体3の流路2側部分（内周側部分）における上側の底部11及び下側の底部11の間の部分に、流路2（管の内周側）から流量計本体3の径方向外方に延びる2条の溝20Aを形成し、この2条の溝20Aにより流量計本体3を図8上側、下側の領域（複数の領域）〔符号省略〕に区画し、上側の穴部12を前記上側の領域に形成し、下側の穴部12を下側の領域に形成して流量計1を構成（以下、便宜上、本発明の第6実施の形態という。）してもよい。この第6実施の形態によれば、流路2に従来技術で用いていたセンサホルダ5による凹凸が形成されないため、流体の流れが乱れるようなことがなく、良好な器差特性及び下限流量特性を確保でき、流量計測を安定して行える。さらに、溝20Aを設けたことにより回り込み超音波が減衰され、S/Nを向上できる。また、上述した従来技術で用いたセンサホルダ5を使用していないので、良好な特性を維持して流量計本体3の小口径化を図ることができる。なお、前記第2、第3、第4、第5実施の形態のように流量計本体3が完全に分割されている方が、超音波の回り込みを防止できるが、この第6実施の形態のように一部くっついていて（分割されていない）方が、組付のときずれたりするようなことがなく便利である。

【0024】また、この第6実施の形態（図8）では、2条の溝20Aを流路2を間にして対向して設けた場合を例にしたが、これに代えて、図9に示すように、4条の溝20Bにより流量計本体3を図9上側、下側、左側、右側の4つの領域（複数の領域）に区画し、上側の穴部12を前記上側の領域に形成し、下側の穴部12を前記下側の領域に形成して流量計1を構成（以下、便宜

上、本発明の第7実施の形態という。)してもよい。この第7実施の形態は、第6実施の形態と同様にS/Nの向上及び良好な特性を維持して流量計本体3の小口径化の実現が可能になると共に、4条の溝20Bを設けたことにより第6実施の形態に比して回り込み超音波をより減衰してS/Nを更に向上することができる。

【0025】次に、本発明の第8実施の形態を図10及び図11に基づいて説明する。図10及び図11において、流量計1の流量計本体3には、先端側が流路2内に開口するコーン(円錐)形状の一对の孔(円錐孔)21が相対向して形成されており、この円錐孔21に連通して流量計本体3の外側に開口する略円形状の外側穴22が設けられている。この外側穴22及び円錐孔21に超音波センサ4が嵌装されている。

【0026】超音波センサ4は、超音波の送受信を行う圧電素子9と、この圧電素子9を収納するセンサホルダ5と、から大略構成されている。センサホルダ5は、有底筒状をなし底面部に圧電素子9を載置し前記外側穴22に挿入される略有底筒状の収納部23と、収納部23の底面部に接続し前記円錐孔21に挿入されるコーン(円錐)形状の音波伝搬部24(孔挿入部分)とからなり、音波伝搬部24(傾斜部)にはフッ素樹脂(例えばPFA)のライニング25(コーティング)が施されている。音波伝搬部24には雄ねじ(図示省略)が形成され、円錐孔21にはこの雄ねじに螺合する雌ねじ(図示省略)が形成されている。

【0027】音波伝搬部24の先端部26(底板部)は流路2に臨んでおり、当該先端部26における流路2の周方向に沿う方向の長さBは、圧電素子9の底面部の長さDに比して短く設定されている。また、音波伝搬部24はコーン形状とされており、先端部26(底板部)に向けて径寸法が漸減したものになっている。

【0028】超音波センサ4は、収納部23及び音波伝搬部24をそれぞれ外側穴22及び円錐孔21に挿入させ、円錐孔21に音波伝搬部24をねじ込むことにより、音波伝搬部24に施されたフッ素樹脂のライニング25が音波伝搬部24及び円錐孔21に締付けられた状態で流量計本体3に取り付けられている。この場合、上述したようにライニング25が締付けられていることにより、ライニング25が流体をシールすることになる。

【0029】そして、この第8実施の形態では、流路2の内壁面に従来技術で用いていたセンサホルダによる凹凸が形成されず、流体の流れが乱れるようなことを抑えることができ、良好な器差特性及び下限流量特性を確保でき安定して流量計測を行える。さらに、圧電素子9から送信されて音波伝搬部24に伝搬した超音波は流体中に伝搬する以外に流量計本体3内にも伝搬するが、音波伝搬部24に施したライニング25内で超音波が十分減衰し、流量計本体3内に伝搬する超音波(回り込みノイズ)は流体中を伝搬する超音波に比べて十分小さくなる

(すなわち、S/Nを向上できる)。また、音波伝搬部24がコーン形状にされていることにより、超音波が音波伝搬部24の先端部に集中するので、音圧が高くなってS/N比が向上する。また、音波伝搬部24がコーン形状にされており、流路2に臨む先端部26が小さくなっているため、流量計本体3の口径を小さくしても流れの乱れを生じさせるような大きな凹凸が形成されることがない(すなわち、流量計本体3を小口径にしても、流路2に形成される凹凸を必要最小限に抑えることができる)。

【0030】上述した従来技術では、口径に合わせて圧電素子9(超音波センサ4)を小さくすることに限界があり、小口径にするほど超音波センサ4の設置が困難になるが、この第8実施の形態では、圧電素子9の大きさよりも流路2内の超音波放射面(先端部26)を十分小さくできることから、超音波センサ4の設置自由度を向上させることができる。

【0031】また、第8実施の形態では、超音波センサ4の固定を、超音波センサ4及び流量計本体3に設けたネジ構造(雄ねじ、雌ねじ)で行う場合を例にしたが、これに限らず、超音波センサ4を流量計本体3に十分押し込んだ状態で、収納部23を外側穴22の形成部に溶接することにより行うようにしてもよい。また、第8実施の形態では、音波伝搬部24(傾斜部)にフッ素樹脂(例えばPFA)のライニング25を施した場合を例にしたが、フッ素樹脂に代えてゴムを用いてもよい。

【0032】上述した第8実施の形態では、円錐孔21が流路2に垂直に延びる場合を例にしたが、これに代えて、図12ないし図14に示すように円錐孔21を流路2に対して斜め形成し(便宜上、斜め円錐孔21Aという。)、かつこの斜め円錐孔21Aに沿うように音波伝搬部(便宜上、斜め音波伝搬部24Aという)〔孔挿入部分〕を形成することにより流量計1を構成(以下、本発明の第9実施の形態という。)してもよい。この第9実施の形態では、超音波センサ4は略同一円周上に配置するものの、外側穴22は同一円周ではなく流量計本体3の長手方向にずらせて配置し、これに伴い、2つの圧電素子9が流量計本体3の長手方向にずれて配置される。

【0033】この第9実施の形態は、第8実施の形態と同様に、器差特性及び下限流量特性の向上、回り込み超音波(回り込みノイズ)の減衰によるS/Nの向上、及び音波伝搬部24Aがコーン形状にされていることによる小口径化を図ることができる。また、音波伝搬部24Aがコーン形状にされていることにより、超音波が音波伝搬部24Aの先端部26に集中するので、音圧が高くなってS/N比が向上する。また、この第9実施の形態では、一方(図13上側)の圧電素子9で発生した超音波を斜め音波伝搬部24Aに伝搬し、一方の圧電素子9とは同一円周上にない図13上側の音波伝搬部24(振



動板)の先端部26から流体中に伝搬させている。このように超音波センサ4は略同一円周上に配置するものの、収納部23を挿入する外側穴22は同一円周上ではなく流量計本体3の長手方向にずらせて配置したことで、実際に超音波が流体中を伝搬する(斜め音波伝搬部24Aの先端部26)円周上には圧電素子9を収納する収納部23はなく、超音波センサ4の取り付けスペースを十分確保できる。このため、流量計本体3を小口径にしても、同一円周上に複数組の超音波センサ4を容易に設置することができ、この分、流量計1を小口径化することができる。

【0034】次に、本発明の第10実施の形態の流量計1を図15及び図16に基づき、図1、図20及び図21を参照して説明する。この流量計1は、内周側に円筒状の流路2を形成する管状の金属製の流量計本体3を有している。流量計本体3はその外形が断面視、略正方形に形成されている。流量計本体3の流路2には、この流路2を横切るように渦発生体30(ブラフボディ)が図示しないOリング等によりシールされ、ねじ止め又は溶接等により固定されており、流れ方向の後方にカルマン渦を発生するようにしている。なお、渦発生体30は、流量計本体3と共に、鋳造等により一体成形してもよい。

【0035】流量計本体3のカルマン渦発生領域に対応した部分には、周方向に、4つの孔(流量計本体側孔)31が形成されており、超音波センサ4のセンサホルダ5を挿入するようにしている。4つの流量計本体側孔31に挿入される超音波センサ4(センサホルダ5)を押えるように流量計本体3にはセンサ支え部材32が嵌装されている。センサ支え部材32には、流量計本体3の4つの流量計本体側孔31に対応して4つの孔(支え部材側孔)33が形成されており、ホルダ大径部34、ホルダ中径部35及びホルダ小径部36からなるセンサホルダ5のホルダ大径部34を挿入するようにしている。

【0036】超音波センサ4は、超音波を送受信する圧電素子9と、圧電素子9を収納するステンレス等金属材料または樹脂部材からなる前記センサホルダ5と、センサホルダ5の開口部に配置して接着やプロジェクション溶接またはねじ込み等により密閉挿入される蓋13と、蓋13と圧電素子9の間に介装される複数の部材からなる素子押え部材37及び皿ばね38と、センサホルダ5の底板部8と圧電素子9との間に介装される樹脂または金属材料からなる音響整合部材39とから大略、構成されており、センサホルダ5及び蓋13の上側に配置される矩形の板材40を介してボルト41により流量計本体3に保持されている。図16中、42はセンサホルダ5と流量計本体3との間に介装されるOリングなどのシール部材である。

【0037】流量計本体側孔31は、流路2に臨む部分の小径の小径孔部(本体側小径孔部31a)と、本体側

小径孔部31aに段差を持って接続する大径の本体側大径孔部31bと、からなり、本体側大径孔部31bが開口している。また、支え部材側孔33は、本体側大径孔部31bに比して大きい内径にされている。

【0038】センサホルダ5は、有底円筒状または有底多角形筒状をなしており、開口側から底板部8に向けて段差を持って形成される前記ホルダ大径部34、ホルダ中径部35、ホルダ小径部36からなり、ホルダ大径部34が支え部材側孔33に挿入され、ホルダ中径部35及びホルダ小径部36(センサホルダ5における孔挿入部分)が流量計本体側孔31に挿入されている(すなわち、センサホルダ5における孔挿入部分は、底板部8に向けて径寸法が段階的に小さくなっている)。センサホルダ5のホルダ大径部34には、リード線通し孔17が形成されており、圧電素子9に接続したリード線18が挿通するようになっている。底板部8における流路2の周方向に沿う方向の長さBは圧電素子9の底面部の長さDに比して短く設定されている。

【0039】センサホルダ5に形成される孔43は、底板部8側に形成される小径の小径孔部(ホルダ側小径孔部)43aと、ホルダ側小径孔部43aに段差をもって接続する中径のホルダ側中径孔部43bと、ホルダ側中径孔部43bに段差をもって接続する大径のホルダ大径孔部43cとからなっている。ホルダ側小径孔部43aと、ホルダ側中径孔部43bとで形成される段差部に圧電素子9が載置されている。ホルダ側中径孔部43bには前記素子押え部材37及び皿ばね38が挿入されている。

【0040】前記音響整合部材39はホルダ側小径孔部43aに挿入されて上述したように圧電素子9と底板部8との間に介装されている。音響整合部材39及び圧電素子9はシリコン接着剤やエポキシ樹脂等の音響接合剤44によりセンサホルダ5に固定されている。これにより、圧電素子9から発射された超音波は底板部8(振動板)から流体中に放射される。

【0041】ここで、音響整合部材39は底板部8(センサホルダ5)の材質(例えばステンレスとすると固有音響インピーダンスは $39 \times 10^6 \text{Ns/m}^2$ )と圧電素子9(例えばPZTとすると固有音響インピーダンスは $30 \times 10^6 \text{Ns/m}^2$ )の中間となる固有音響インピーダンスをもつ材料を選択する。さらに、音響整合部材39は底板部8(センサホルダ5)の材質(例えばステンレスとすると線膨張係数は $17.3 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ )と圧電素子9(例えばPZTとすると線膨張係数は $7.9 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ )の中間となる線膨張係数をもつ材料を選択する。このように2種類の特性を合わせもつ音響整合部材39を選択することで、底板部8と圧電素子9間の音波減衰を最小に抑えることができ、かつ使用温度範囲を拡大したときに生じる底板部8と圧電素子9の線膨張係数の差が、それぞれの剥離等の発生による音響不整合を抑えることができる。この場



合、音響整合部材39と底板部8（センサホルダ5の振動板）とは、音響接合剤44による接着や、センサホルダ5のホルダ側小径孔部43aへの材料を流し込み一体成形等により固定されている。また、音響整合部材39と底板部8のそれぞれの厚さは、超音波の放射効率を考慮して発振周波数の $(1/2)\lambda$ の整数倍となるように設定されている。これにより、音波の透過効率の向上を図るようにしている。

【0042】この第10実施の形態では、送信側の超音波センサ4の圧電素子9が、超音波信号を発生させる図示しないセンサ駆動回路からの電気信号を受けて、厚みたて振動により超音波を発生する。この超音波は音響整合部材39と底板部8を伝搬して流体中に発射される。ここで、流れにより渦発生体30の下流側にカルマン渦が発生すると、流体中に放射された一対の送信側の圧電素子9からの超音波はそれぞれドップラー効果により異なった変調（進み・遅れ）をうけ、一対の送信側の圧電素子9と対向する位置に設けられた一対の受信側の圧電素子9に対応する底板部8及び音響整合部材39を伝搬して当該受信側の圧電素子9に受信される。この流体中を伝搬して受信されかつカルマン渦により変調を受けた2つの超音波は、電気信号に変換されたのち演算回路（図示省略）で流量信号に変換される。

【0043】また、この第10実施の形態では、圧電素子9を収納するセンサホルダ5のホルダ中径部35及びホルダ小径部36（ザグリ部）が、底板部8に向けて径寸法が段階的に小さくなっているため、流路2内の流体に接する部分（底板部8）が小さくなり、これにより流路2の内壁面に従来技術で用いていたセンサホルダによる凹凸が形成されず、流体の流れが乱れるようなことを抑えることができ、良好な器差特性及び下限流量特性を確保でき、安定して流量計測できる。

【0044】また、第10実施の形態では、圧電素子9を収納するセンサホルダ5のホルダ中径部35及びホルダ小径部36が、底板部8に向けて径寸法が段階的に小さくなっているため、超音波がセンサホルダ5のホルダ中径部35及びホルダ小径部36の先端部（底板部8）に集中するので、音圧が高くなってS/N比が向上する。

【0045】さらに、圧電素子9を収納するセンサホルダ5のホルダ中径部35及びホルダ小径部36が、底板部8に向けて径寸法が段階的に小さくなっており、流路2内の流体に接する部分（底板部8）が小さいので、口径を小さくしても流れの乱れを生じさせるような、従来技術で用いていたセンサホルダによる凹凸が形成されることがなく、小口径化を良好な特性を確保して達成することができる。

【0046】また、従来構造では、流量計の口径に合わせて圧電素子9（超音波センサ4）を小さくすることには限界があり、小さい口径になる程、超音波センサ4の

設置が困難になるが、この第10実施の形態では、圧電素子9の大きさよりも流路2内への超音波放射面を十分小さくできることから、超音波センサ4を複数組設置することが困難であった小口径のものに対してもセンサ設置の自由度を上げることができる。さらに、上述したように圧電素子9の大きさよりも流路2内への超音波放射面を十分小さくできることにより小口径に対応したクロスセンシング計測が可能となり、2組の超音波センサ4を用いて同じ流体中を伝搬した超音波同士を比較する方法の特徴である、流体中に存在する音速変化の影響を構造的にキャンセルでき、かつカルマン渦の変調量を大きくとりだせ低流速域での計測感度を向上させることができる。

【0047】また、音響整合部材39を設けたことにより、低温時、高温時の使用で問題になる接合剤の剥離等の発生がなくなるので、使用温度範囲の拡大を図ることができる。さらに、小口径化を図る上で圧電素子9を別個に製作せずに現行品を流用できるため、装置の低廉化を図ることができる。

【0048】この第10実施の形態のセンサホルダ5は、径寸法が段階的に形成されるホルダ大径部34、ホルダ中径部35、ホルダ小径部36からなり比較的構成が簡易である。このため、後述する第13実施の形態のセンサホルダ5に比して、装置全体の構成を簡易なものにでき、ひいては生産性の向上を図ることができる。また、この第10実施の形態のセンサホルダ5は、ホルダ側小径孔部43aがテーパを有していないため、構成が簡易であり、後述する第12実施の形態のセンサホルダ5に比して、装置全体の構成を簡易なものにでき、ひいては生産性の向上を図ることができる。

【0049】また、図17に示すように、第10実施の形態の音響整合部材39とセンサホルダ5のホルダ小径部36との間に隙間45を形成し、音響整合部材39を底板部8に接合して流量計1を構成（以下、本発明の第11実施の形態という。）してもよい。この第11実施の形態では、圧電素子9から発射された超音波は流体中に伝搬する以外にセンサホルダ5から流量計本体3にも伝搬するが、前記隙間45により超音波が減衰するので、第10実施の形態に比してよりS/Nの向上を図ることができる。

【0050】また、図18に示すように、第10実施の形態のセンサホルダ5に形成されるホルダ側小径孔部43aを、テーパを備えた筒状（略円錐状）に形成し、かつ音響整合部材39をこの当該ホルダ側小径孔部43aに嵌合する略円錐状に形成して流量計1を構成（以下、本発明の第12実施の形態という。）してもよい。この第12実施の形態では、略円錐状に形成された音響整合部材39内部で音波が集中し、底板部8から発射される超音波の音圧が強くなる。このため、超音波センサ4のS/N、ひいてはセンサ効率が向上する。

【0051】また、図19に示すように、第10実施の形態の流量計本体3の流量計本体側孔31の流路2側の部分はテーパを備えた筒状（略円錐状）に形成し、センサホルダ5のホルダ小径部36を先細りの筒状（略円錐状）に形成し、かつこのホルダ小径部36に沿うように音響整合部材39を先細りの形状（略円錐状）にして流量計1を構成（以下、本発明の第13実施の形態という。）してもよい。この第13実施の形態では、センサホルダ5の小径部及び音響整合部材39が略円錐状に形成されていることにより音響整合部材39及びセンサホルダ5の底板部8に音波が集中し、底板部8から発射される超音波の音圧が強くなる。このため、超音波センサ4のS/N、ひいてはセンサ効率が向上する。

【0052】上記実施の形態では4つの超音波センサ4を流路2の周方向に並べているが、さらに、前記4つの超音波センサ4に対して流路2の軸方向に並ぶように超音波センサ4を配置し、計測精度の向上を図るように構成してもよい。

【0053】なお、前記全ての実施の形態の超音波センサは、超音波流量計や超音波センサを用いた渦流量計、相関式流量計等に用いることができる。

【0054】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、管には該管の内周側を底部とし、該管の径方向外方に開口する一対の有底の穴部を形成し、前記一対の穴部の底部に前記一対の超音波センサの超音波素子をそれぞれ載置し、管の流路の内壁面に凹凸が形成されておらず、なだらかな面になっているので、流体の流れが乱れるようなことがなく、良好な器差特性及び下限流量特性を確保でき、流量計測を安定して行える。さらに、上述した従来技術で用いたセンサホルダを使用していないので、良好な特性を維持して管の小口径化を図ることができる。請求項2記載の発明によれば、管を複数の部位に分割し、一対の穴部のうち一方の穴部が前記複数の部位のうち一つの部位に形成され、前記一対の穴部のうち他方の穴部が前記複数の部位のうち他の部位に形成されており、一方の穴部から他方の穴部に直接伝搬する（いわゆる回り込む）超音波が、管の分割部（接合部）で減衰されるので、S/Nを向上できる。請求項3記載の発明によれば、管の内周側から前記管の径方向外方に延びて形成される溝により前記管を複数の領域に区画し、前記一対の穴部のうち一方の穴部が前記複数の領域のうち一つの領域に形成され、前記一対の穴部のうち他方の穴部が前記複数の領域のうち他の領域に形成されており、前記溝により、回り込み超音波が減衰されるので、S/Nを向上できる。また、前記請求項1記載の発明のように管が完全に分割されている方が、超音波の回り込みを防止できるが、この請求項3記載の発明のように一部くっついていて（分割されていない）方が、組付のときずれたりするようなことがなく便利である。

【0055】請求項4記載の発明によれば、超音波素子と、該超音波素子を収納するセンサホルダとからなる一対の超音波センサを管に備えた流量計であって、センサホルダは、その底板部が管の流路に臨んで配置されるよう前記管に形成された一対の孔に挿入され、前記孔に挿入された前記センサホルダの底板部における前記流路の周方向に沿う方向の長さを前記超音波素子の底面部の長さに対して短く設定しており、管の口径を小さくしても流体の流れの乱れを生じさせるような大きな凹凸が形成されることがなく、小口径化を良好な特性を確保して達成することができる。また、前記請求項1記載の発明のように管が完全に分割されている方が、超音波の回り込みを防止できるが、この請求項4記載の発明のように一部くっついていて（分割されていない）方が、組付のときずれたりするようなことがなく便利である。請求項5記載の発明によれば、センサホルダにおける孔挿入部分は、底板部に向けて径寸法が漸減しており、超音波がセンサホルダの底板部に集中し、相対的に回り込み超音波が少なくなるので、その分、S/Nを向上できる。請求項6記載の発明によれば、センサホルダにおける孔挿入部分は、底板部に向けて径寸法が段階的に小さく設定されており、超音波がセンサホルダの底板部に集中し、相対的に回り込み超音波が少なくなるので、その分、S/Nを向上できる。請求項5記載の発明に比して、構造が簡易であり、生産性の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図2】本発明の第2実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図3】図2の流量計を示す正面断面図である。

【図4】本発明の第3実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図5】本発明の第4実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図6】本発明の第5実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図7】図6の流量計を示す正面断面図である。

【図8】本発明の第6実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図9】本発明の第7実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図10】本発明の第8実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図11】図10の流量計を示す正面断面図である。

【図12】本発明の第9実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図13】図12の流量計を示す正面断面図である。

【図14】図12の斜め円錐孔を模式的に示す図である。

【図15】本発明の第10実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図16】図15の超音波センサを示す側面断面図である。

【図17】本発明の第11実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図18】本発明の第12実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図19】本発明の第13実施の形態の流量計を示す側面断面図である。

【図20】従来の流量計の一例を示す側面断面図である。

【図21】図20の流量計を示す正面断面図である。

【図22】従来の流量計の他の例を示す側面断面図である。

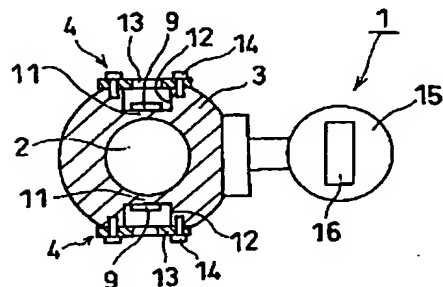
【図23】図22の流量計を示す正面断面図である。

【図24】2組の超音波センサを用いた従来の流量計の一例を示す側面断面図である。

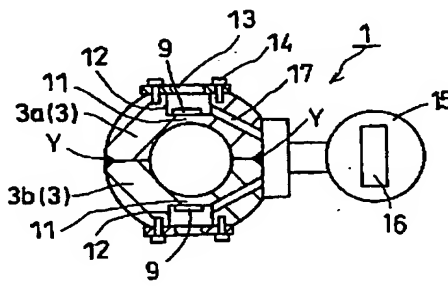
【符号の説明】

- 1 流量計
- 2 流路
- 3 流量計本体（管）
- 4 超音波センサ
- 9 圧電素子
- 11 底部
- 12 穴部

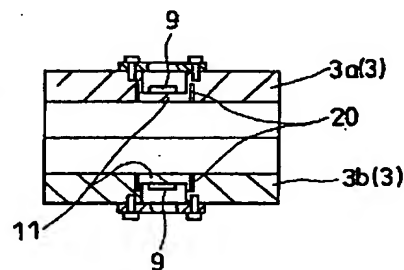
【図1】



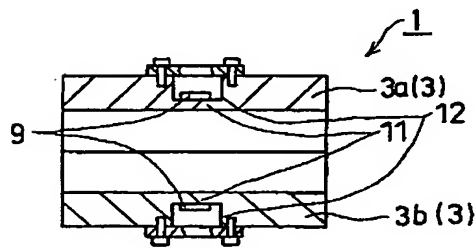
【図2】



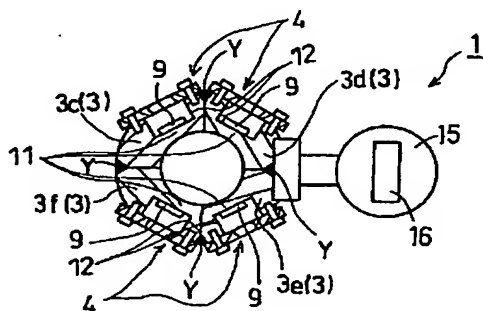
【図7】



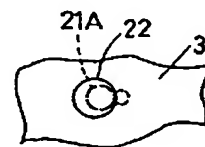
【図3】



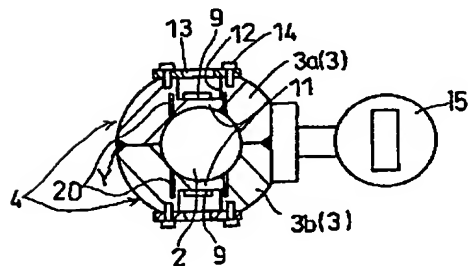
【図4】



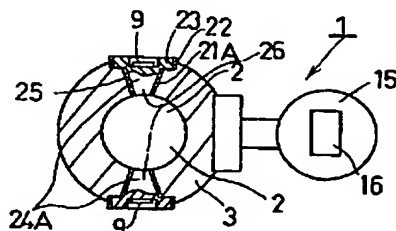
【図14】



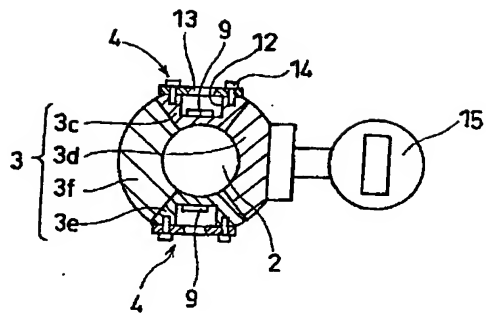
【図6】



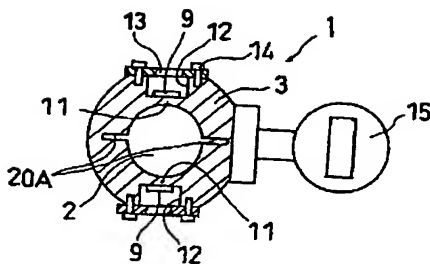
【図12】



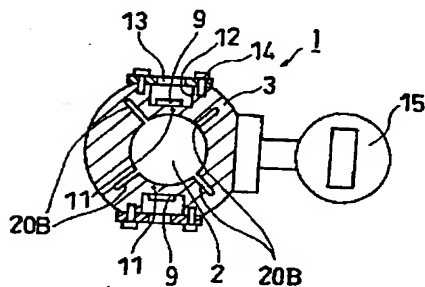
【図5】



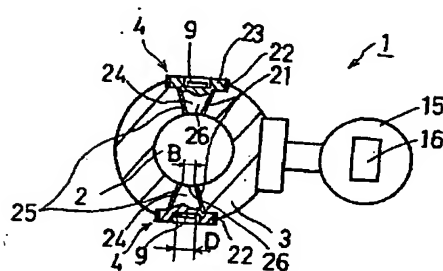
【図8】



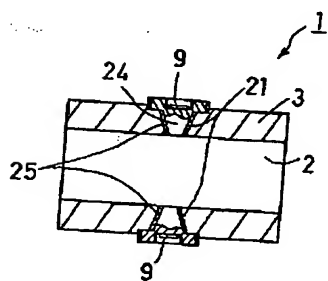
【図9】



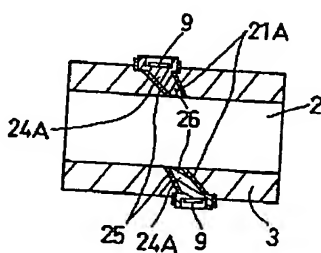
【図10】



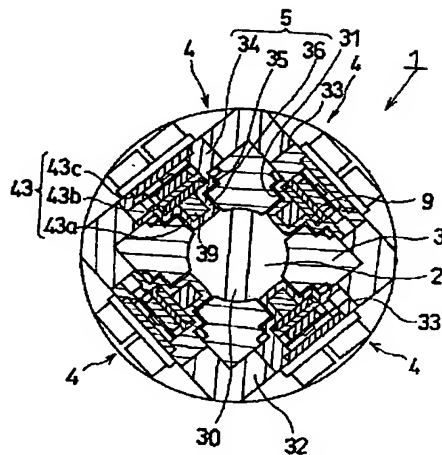
【図11】



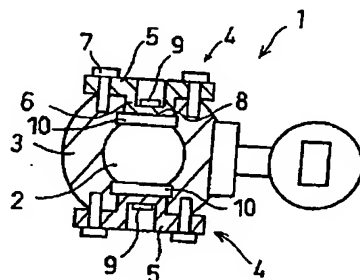
【図13】



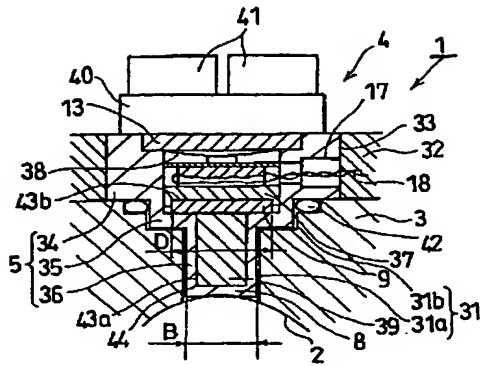
【図15】



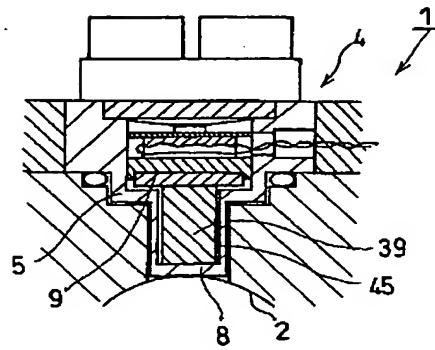
【図22】



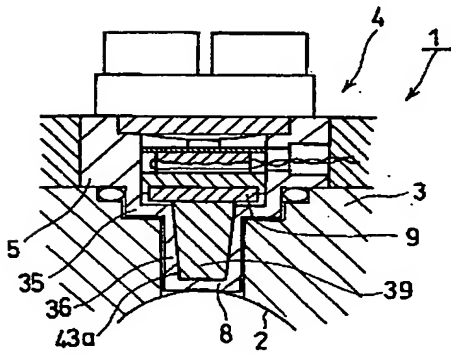
【図16】



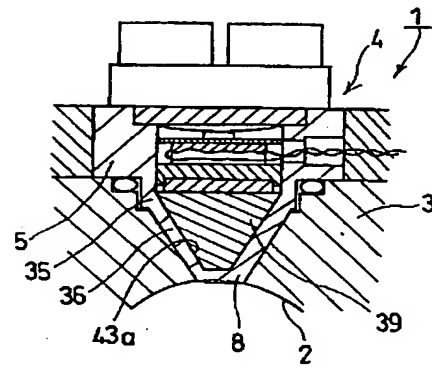
【図17】



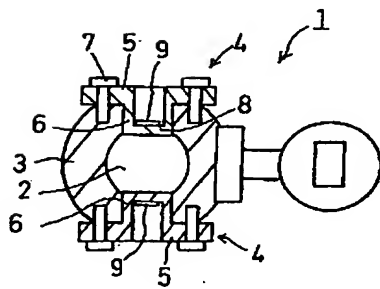
【図18】



【図19】



【図20】



【図21】

